Ing. Domenico Antonio FEDELE
PROGETTAZIONE DI IMPIANTI
Via P. Schettini, 12
88100 CATANZARO
E-mail:mimmofed@alice.it
web: www.ingfedele.it

Dispense ed appunti di Elettrotecnica ed Applicazioni

DIMENSIONAMENTO DEI CAVI

Rev. 0/2008

PREMESSA

Nella presente dispensa sono sviluppate alcune unità didattiche riguardanti il dimensionamento dei cavi.

Lo scopo è quello di fornire in maniera sintetica una serie di informazioni tali da consentire agli allievi di acquisire i passi principali del dimensionamento delle linee elettriche.

La lezione è principalmente indirizzata agli allievi degli istituti industriali e professionali ad indirizzo elettrico.

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1) Dimensionamento dei cavi: metodo tabellare;
2) Verifica della caduta di tensione sui cavi;
3) Scelta degli interruttori in funzione del cavo da proteggere;

Prerequisiti.

È necessaria la conoscenza del triangolo delle potenze (attiva, reattiva, apparente), le generalità sulle macchine elettriche, i sistemi elettrici di distribuzione (Sistema TT, TN) in particolare.

Obiettivi.

Scopo di queste unità didattiche è quello di fornire tutte le informazioni necessarie all'allievo per il dimensionamento e la verifica delle linee elettriche di alimentazione e per la scelta attenta sia dei cavi che degli interruttori.

Dimensionamento dei cavi.

Uno dei metodi di calcolo della sezione dei cavi, è il metodo tabellare che consiste essenzialmente nel determinare la sezione dei cavi facendo uso di tabelle CEI-UNEL di seguito allegate.

Il procedimento di calcolo e verifica, può essere diviso in 4 passi:

1. Calcolo della corrente di impiego I_B dell'utilizzatore;
2. Scelta del tipo di posa del cavo, del tipo di cavo, e della sezione in funzione della corrente di impiego I_B;
3. Verifica della caduta di tensione entro il limite massimo del 4%;
4. Scelta dell'interruttore;

ESEMPIO

Si deve alimentare una macchina elettrica sistemata all'interno di un'officina meccanica, avente le seguenti caratteristiche:

$$M \quad \begin{Bmatrix} P = 10kW \\ \cos\varphi = 0{,}8 \end{Bmatrix} \qquad V = 380\ V; \quad l = 25m;$$

la corrente di impiego I_B vale:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = 19A; \qquad (1)$$

considerando che la macchina si trova in un locale coperto, è consentito l'uso di cavi in PVC (per esempio cavi con sigla FROR).

Nota:
mentre per le linee interne non esistono particolari problemi per l'uso dei cavi, salvo ambienti ed applicazioni particolari, nelle applicazioni esterne sono consentite solo alcuni tipi di cavi per la posa mobile o fissa, temporanea o permanente secondo le indicazioni riportate nella tabella 1 di seguito allegata.

Tipo di cavo	*Posa all'esterno*	
	fissa	*mobile*
H05VV-K	Idoneo all'esterno per posa temporanea	Non idoneo
FROR 450/750 V	Idoneo all'esterno per posa temporanea	Non idoneo
H05RN-F e H07RN-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (non interrati)	Idoneo
H05BQ-F e H07BQ-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (non interrati)	Idoneo
H07RN8-F	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Idoneo
N1VV-K	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FG7(O)R 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FG10(O)M1 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo
FTG10(O)M1 0,6/1 kV	Idoneo all'esterno per posa permanente (anche inter.)	Non idoneo

Tabella 1: Cavi idonei per posa all'esterno.

Per il caso in esame, si può ipotizzare la posa del cavo su canale metallico o passerella;
con riferimento alla *tabella 2*, scegliendo un cavo in PVC, multipolare, a tre conduttori di fase, con protezione equipotenziale separata, la scelta ricade sulla *linea n. 3, colonna C.*

Modalità di posa	Tipo di cavo	Isolante	Numero di conduttori								Linea n°
Posa con circolazione d'aria impedita (in tubi, canali, ecc.)	Unipolari con o senza guaina	PVC	4	3	2						1
	Multipolari	EPR			4	3	2				2
Posa con libera circolazione d'aria (a parete, su passerelle, mensole o scalette, su fune portante)	Multipolari	PVC		4	3	2					3
		EPR				4	3	2			4
	Unipolari con guaina	PVC			4	3	2				5
		EPR					4	3	2	1	6

NOTE
1. Le portate dei cavi con conduttori in alluminio possono essere ottenute moltiplicando per 0,78 le portate dei cavi in rame di eguale sezione.
2. Le portate si riferiscono ad una temperatura ambiente di 30°C.
3. Le portate dei cavi in PVC sono valide anche per i cavi isolati in gomma G e G1; quelle dei cavi in EPR sono valide per i cavi in polietilene reticolato (XLPE).
4. La portata indicata per i cavi sezione 1mm è solo per riferimento.
5. La sezione (nominale) 50 mm² corrisponde ad una sezione effettiva di 47,5 mm².
6. Nel caso di cavi in tubi protettivi incassati in pareti termicamente isolanti come legno o espanso, applicare un fattore di riduzione pari a 0,84.
7. Le portate dei cavi multipolari si applicano a cavi con conduttori rotondi, per i cavi multipolari con conduttori settorali si applica una riduzione.
8. Le portate indicate per un cavo unipolare con guaina si applicano a cavi unipolari distanziati almeno di un diametro in orizzontale, due diametri se sovrapposti in verticale.
9. Per la posa senza circolazione di aria (linee 1 e 2) la tabella vale fino alla sezione di 120 mm².

Sezione	Portata in regime permanente (A)							
mm²	A	B	C	D	E	F	G	H
1	10,5	12	13,5	15	17	19	21	23
1,5	14	15,5	17,5	19,5	22	24	27	29
2,5	19	21	24	26	30	33	37	40
4	25	28	32	35	40	45	50	55
6	32	36	41	46	52	58	64	70
10	44	50	57	63	71	80	88	97
16	59	68	76	85	96	107	119	130
25	75	89	101	112	127	142	157	172
35	97	111	125	138	157	175	194	213
50	117	134	151	168	190	212	235	257
70	149	171	192	213	242	270	299	327
95	181	207	232	258	293	327	362	396
120	209	239	269	299	339	379	419	458
150		275	309	344	390	435	481	527
185		314	353	392	444	496	549	602
240		369	415	461	522	584	645	707

Tabella 2: Portata dei cavi in bassa tensione in rame (Tabella CEI-Unel 35024).

Per una corrente I_B di 19A, sarebbe sufficiente un cavo di sezione 2,5 mm^2, che presenta una portata di 24A. Tuttavia, è preferibile scegliere il cavo di sezione 4 mm^2 per non sollecitare costantemente il cavo alla portata prossima a quella massima sopportabile ed anche perché si potrebbe superare il limite della caduta di tensione ammissibile del 4%.

Cavo scelto: $\begin{Bmatrix} S = 4mm^2 \\ I_Z = 32A \end{Bmatrix}$

Verifica della caduta di tensione.

La caduta di tensione massima non deve superare il 4%. Questo limite non si riferisce al solo tratto di linea in oggetto ma a tutta la linea partendo dal gruppo di misura e fino all'utilizzatore più lontano.

Per tale motivo, in fase di calcolo si deve tener presente questo particolare e fare le opportune valutazioni sulla caduta di tensione ammessa sul tratto di linea dimensionato.

Sezione nominale	Cavi tripolari						
	Resistenza *R* ad 80 °C		Reattanza *X*	Cadute di tensione ΔU			
	Corrente continua	Corrente alternata		Corrente alternata trifase			
				cos φ 1	cos φ 0,9	cos φ 0,8	cos φ 0,7
mm²	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mV/Am	mV/Am	mV/Am	mV/Am
1	22,5		0,125	39	35,2	31,3	27,4
1,5	15,1		0,118	26,1	23,6	21	18,45
2,5	9,08		0,109	15,7	14,24	12,7	11,1
4	5,68		0,101	9,85	8,93	7,98	5,04
6	3,78		0,0955	6,54	5,96	5,34	4,70
10	2,27		0,0861	3,94	3,60	3,24	2,86
16	1,43		0,0817	2,48	2,29	2,07	1,83
25	0,907		0,0813	1,57	1,48	1,34	1,20
35	0,654		0,0783	1,13	1,08	0,988	0,888
50	0,483		0,0779	0,838	0,812	0,750	0,680
70	0,334		0,0751	0,579	0,577	0,541	0,496
95	0,241		0,0762	0,419	0,433	0,412	0,385
120	0,190	0,191	0,0740	0,332	0,354	0,342	0,321
150	0,150	0,157	0,0745	0,272	0,300	0,295	0,280
185	0,124	0,125	0,0742	0,217	0,251	0,250	0,241
240	0,0942	0,0966	0,0752	0,167	0,207	0,212	0,208
300	0,0750	0,0780	0,0750	0,135	0,178	0,186	0,186
400	0,0587	0,0625	0,0742	0,108	0,153	0,164	0,166
500	0,0466	0,0512	0,0744	0,0887	0,136	0,148	0,152
630	0,0361	0,0417	0,0749	0,0722	0,122	0,136	0,141

Tabella 3 Caduta di tensione (Tabella CEI-Unel 35023-70).

Si ricava dalla tabella 3, in corrispondenza del valore di sezione calcolato e del valore del cosφ del carico (0,8 in questo caso), il coefficiente K che tiene conto della caduta di tensione del cavo.

Per S = 4 mm^2: $K = 7{,}98\ \dfrac{mV}{A \cdot m}$; (2)

la caduta di tensione del tratto di linea considerato è dato dalla relazione:

$$\Delta V = \frac{K \cdot I_B \cdot l}{1000} = 3{,}79\text{V}; \qquad (3)$$

corrispondente ad una caduta di tensione percentuale di :

$\Delta V\% = \dfrac{\Delta V}{V} \cdot 100 = 1\%$; (4) $\Delta V\% = 1\% < 4\%$ la caduta di tensione è accettabile.

Scelta dell'interruttore.

Compito fondamentale dell'interruttore è quello di proteggere il cavo per cui deve essere scelto in funzione della seguente relazione:

$I_B \leq I_N \leq I_Z$ (5)

Dove:
- I_B è la corrente di impiego della linea;
- I_N è la corrente nominale o portata dell'interruttore;
- I_Z è la portata del cavo;

Si deve quindi scegliere un interruttore fra quelli presenti in commercio, con I_N compresa fra la corrente di impiego richiesta dal carico e la portata del cavo, ovvero la massima corrente sopportata dal cavo senza danneggiarsi.

Si riporta di seguito un elenco di interruttori monofase e trifase presenti in commercio:

INTERRUTTORI MONOFASE	**INTERRUTTORI TRIFASE**	
6A	16A	250A
10A	25A	400A
16A	32A	630A
20A	40A	1000A
25A	50A	1250A
32A	63A	1600A
40A	80A	
50A	100A	
63A	125A	

Tabella 4 Elenco degli interruttori monofase e trifase in commercio.

Nel caso in esame si ha:

- I_B =19A;
- I_Z = 32A;

Si sceglie un interruttore trifase da 25A, tale da soddisfare la relazione (5).

Nota:

la condizione espressa dalla relazione (5) deve essere sempre soddisfatta. Qualora la sezione dovesse garantire il contenimento della caduta di tensione sul cavo ma, non viene soddisfatta la (5), e necessario aumentare comunque la sezione.